



风中的尘埃 ——沙尘暴

在西非酷热的六月，站在塞内加尔河岸上，向东方眺望，你可能会看到一片血红的尘雾在天际涌动，铺天盖地，将大地笼罩在一片暗红色的黑暗之中。空气中弥漫着沙尘，即使进入房间也无济于事——漫天的尘埃很快就穿过窗户及墙的缝隙。到处都是一层薄薄的红色灰尘。房间就象煤矿的井道。这就是非洲不毛之地萨赫勒地带的沙尘暴肆虐，它覆盖了整个毛利坦尼亚到乍得的撒哈拉沙漠的南边。



沙尘暴的演变：
卫星云图捕捉到的加那利群岛(图中部)上空来自非洲西部(图右部)的沙尘暴云图。该沙尘暴将掠过大西洋,在北美登陆。

Background: PhotoDisc, right: NASA

每年，萨赫勒的沙尘暴都会将大量尘埃—约5—10亿吨，卷入大气层，升到4千米的高空。与此相比，1991年的皮纳土波火山(Mount Pinatubo)大爆发只喷出了2千9百万吨火山灰。

去年6月萨赫勒沙尘暴抵达美国佛罗里达州之前八个星期，有关另一个方向飘来的大片尘埃云团的报道一时成为新闻的焦点。2001年4月，两场来自蒙古戈壁滩的沙尘暴经阿留申群岛抵达太平洋西北，横扫了整个北美洲。从4月14日至18日，第一场大型沙尘暴—在某一时刻达到大约相当于日本的面积—给美国科罗拉多州上空蒙上了一层灰白色的尘妆。一周后，第二场略小的沙尘暴再次光临太平洋西北地区。亚洲和非洲的沙尘暴的形成似乎更为频繁。

尽管尘埃颗粒很细小—大部分的颗粒直径都在0.01至几十微米之间，但它对人类生存的影响却是巨大的。《沙尘暴的行踪》(The Secret Life of Dust)一文作者汉娜·霍姆斯(Hannah Holmes)直率地指出：“它可以改变天气、影响气候、危害无穷……它能把整个世界毁了。”沙尘暴还可以改变国家的命运，决定战争的胜负。据美国国家海洋与大气管理局一名不肯透露姓名的官员透露，最近，一个播报每日亚洲沙尘暴卫星云图的电视系列节目因其中部分云图源自阿富汗上空且其方位具有军事价值而被停止。

全球尘埃“积聚”(budget)，科学家们采用这一措辞来表示全球循环的物质总量，正在引起越来越多的关注。人们研究它不断变化的形态，对气候和生态系统可能造成的深远影响，以及对人类健康可能造成的危害。自然形成的尘埃及其它颗粒物(包括火山喷发、森林火灾、活植被及海洋蒸发)占空气气溶胶的90%。大约有10%的空气气溶胶是由于人类活动造成的，主要来自汽车废气和工业排放。

过去主要是这10%影响人类的健康。但研究人员发现自然生成的沙尘暴也越来越不容忽视。研究结果表明，平均直径在 $2.5\mu\text{m}$ 以下的微粒尘埃可能会对健康造成严重的危害。除了尘埃颗粒本身所包含的矿物成分之

外，尘埃中还会携带其它各种有害成分，包括细菌、真菌、化学污染物等。这些都危及人类健康及环境。

初识沙尘暴

早在十九世纪三十年代，自然学家查理斯—达尔文(Charles Darwin)就开始注意到尘埃的踪迹。当他乘坐的HMS Beagle号船在加那利群岛停靠时，达尔文注意到船在穿越大西洋后，到处都积满了灰尘，这些灰尘弄脏了仪表，并给甲板蒙上了一层细薄的红色。达尔文开始观察研究这些灰尘的来龙去脉。从此以后，人们就开始了对于飘浮尘粒的研究。

另一位研究浮尘的学者是迈阿密大学海洋与大气合作研究所的所长约瑟夫·M·普罗斯珀罗(Joseph M. Prospero)。他对萨赫勒沙尘暴及其越过大西洋的路径研究已有将近40年。

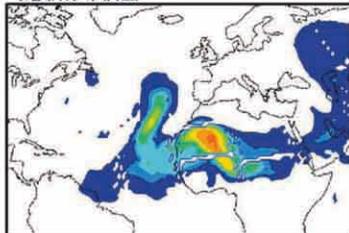
普罗斯珀罗对尘埃的兴趣源于对深海沉淀物的矿物学研究。那时，人们普遍认为海洋中的大部分矿物沉淀是由大型河流从大陆带入海洋的。但在二十世纪六十年代中期，研究人员发现，在许多海洋区域，有一些沉积矿物很明显与河流无关。例如，北大西洋发

现的一种石英的形态明显与北非西海岸之间存在某种联系。非洲的许多土壤都是石英基的，但北非和西非都没有足以造成深海石英沉淀的大河流。普罗斯珀罗说：“很明显，石英沉淀是由其他原因造成的。”典籍的记载，包括达尔文的发现显示，这些沉淀可能源自非洲刮来的尘埃。

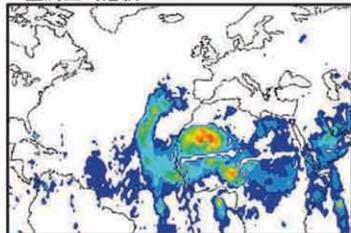
自那以后，普罗斯珀罗就开始在加勒比及南佛罗里达州观测站监测浮尘浓度，以确定浮尘是否与非洲刮来的沙尘暴有关。在二十世纪七十年代，萨赫勒地区开始干旱，尘埃光顾佛罗里达州的次数也随之增加了。普罗斯珀罗所作的测量可能是迄今为止历时最长的对空气气溶胶的记录。这些记录成了美国宇航局(NASA)、美国地质测绘局(USGS)和其他部门的研究人员参与的一系列空气气溶胶研究的基础。

亚特兰大佐治亚理工学院的保罗—金诺斯(Paul Ginoux)是其中的一名研究人员。他说，由于沙尘暴源规模及所处急流的流动方向，亚洲和非洲的沙尘暴对北美影响最大(沿赤道的热带聚合区起到了挡风墙的作用，将南半球和北半球分割开来)。金诺斯采用佐治亚理工研究人员秦麦安(音译，Mian Chin)与马里兰州贝尔特斯维尔美国宇

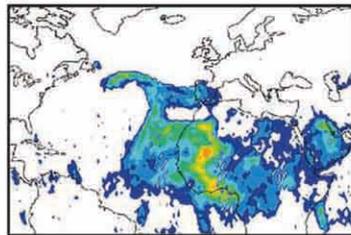
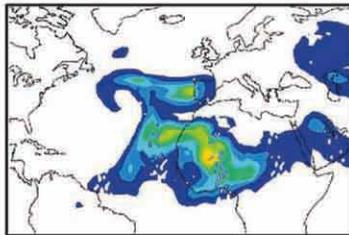
气溶胶分布模型



卫星测量气溶胶



1998年3月27日

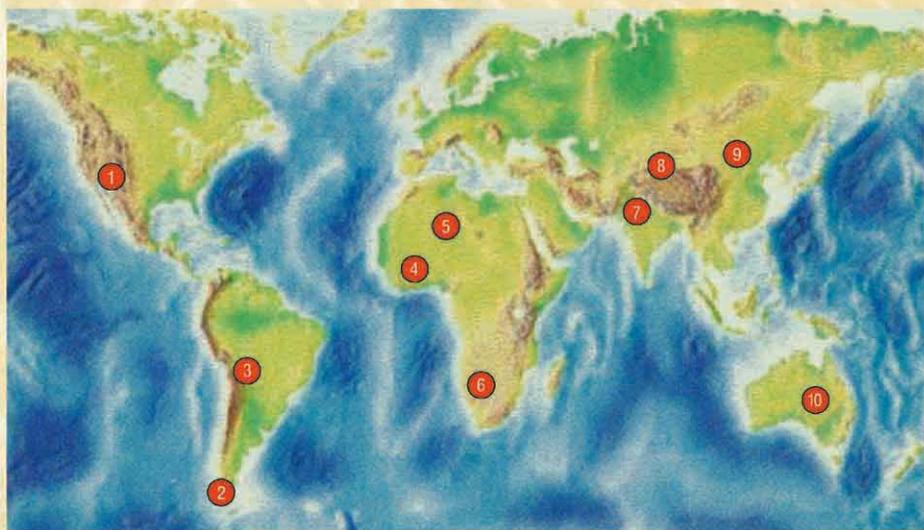


1998年3月29日

跟踪浮尘：

利用全球臭氧化学空气气溶胶辐射与输送模式生成的气溶胶分布(左)与全球臭氧图谱光谱测定仪的卫星测量结果(右)极相似。两个图片中显示的都是从非洲经大西洋飘往美国的浮尘云团。

Source: <http://www.gsfc.nasa.gov/topstory/20010917dust.html>



浮尘的起源:
根据全球臭氧化学空气气溶胶辐射与输送模式确定的 10 个主要沙尘暴源头: 1) 索尔顿湖; 2) 巴塔哥尼亚; 3) 阿尔蒂普拉诺; 4) 萨赫勒地区; 5) 撒哈拉沙漠; 6) 纳米比亚沙漠地带; 7) 印度山谷; 8) 塔克拉玛干沙漠; 9) 戈壁滩; 10) 艾尔湖盆地

航局戈达德太空飞行中心共同开发的全球臭氧化学空气气溶胶辐射与转移模型 (Global Ozone Chemistry Aerosol Radiation and Transport, GOCART) 模拟了源自亚洲和非洲的沙尘暴。全球臭氧化学空气气溶胶辐射与转移模型使用美国宇航局地球观测卫星系统的气象数据, 可对模型与观察结果进行直接对比。

GOCART 模型将七种类型的浮尘颗粒 (半径在 $0.1 - 6.0 \mu\text{m}$ 之间) 和气流的情况进行了分析, 确定其尘暴的源头, 并对每年的起尘量及其流动途径进行了预测。在比较非洲与亚洲的沙尘暴时, 金诺斯及其他研究人员猜测, 由于亚洲人口及工业城市密集, 亚洲的尘暴将携带来更多的污染物。这两个沙尘暴源有不同的季节性: 北半球的非洲沙尘暴高发期在夏天, 而亚洲的沙尘暴主要在春天形成, 由过境的冷峰气流所生成的巨大云团组成, 楔形锋面可以上升到 8 千米的高空。

金诺斯等人已确定了全球 10 个主要沙尘暴源, 包括撒哈拉沙漠、萨赫勒地区, 西南非的纳米比亚沙漠、印度的印度山谷、西玛拉雅山北部的塔克拉玛干沙漠、蒙古的戈壁滩, 澳大利亚的艾尔湖盆地, 美国加利福尼亚州东南部的索尔顿, 玻利维亚与秘鲁之间的阿尔蒂普拉诺山脉, 以及安第斯山脉的巴塔哥

尼亚地区。

满肺尘埃

随着遥感技术的发展, 人们已经对漂洋过海的尘埃云团的季节性及其特征 (特别是颗粒大小) 有了更进一步的了解。尘埃颗粒的大小是很重要的一个特征。美国环保局就大气中携带的直径达到 $10 \mu\text{m}$ (空气动力学直径为 PM_{10}) 及直径小于 $2.5 \mu\text{m}$ ($\text{PM}_{2.5}$) 的颗粒物制定了标准。

直径达到 $10 \mu\text{m}$ 的浮尘会在肺部气管中沉积, 造成支气管堵塞。直径在 $4.0 \mu\text{m}$ 以下的颗粒可以随呼吸气流运动, 这意味着它们可以进入到肺部气体交换区, 影响肺的正常工作。直径在 $2.5 \mu\text{m}$ 以下的颗粒, 也称为微小颗粒, 被认为对人类健康危害最大。这些颗粒可以穿过肺部入口的过滤机制, 将病毒直接带入肺部组织, 或在肺部内表面形成一层膜, 影响肺的正常工作。根据普罗斯珀罗的说法, 由撒哈拉沙尘暴带入美国的浮尘中的 $1/3 - 1/2$ 的颗粒直径都小于 $\text{PM}_{2.5}$ 。

尽管早在二十世纪三十年代, 美国沙尘暴泛滥时就有入丧命于一种被称作“灰尘肺炎”的疾病, 并引起公共卫生官员的注意, 但当时人们对空气气溶胶对人体健康危害的知识还是少得可怜。尘

暴 (Dust Bowl, 多见于美国中南部五州) 是由于过度开垦本已脆弱的草地, 种植小麦及土地管理不良加上遇上干旱及大风, 耕作层被风刮走, 形成席卷美国大平原的沙尘暴。

美国犹他州普罗沃市杨伯翰大学 (Brigham Young University) 经济学教授、沙尘暴问题专家阿登·波普三世 (C. Arden Pope, III) 说: “不幸的是, 直到最近, 我们才开始对微小颗粒进行日常监测。”在《环境与健康展望》2000 年 8 月份增刊上发表的一篇综述中, 波普简要地介绍了微小颗粒的主要形成机制和危害。在城市地区, 大部分的 $\text{PM}_{2.5}$ 颗粒, 包括硫酸盐颗粒和硝酸盐颗粒, 都是由于燃烧和光化学反应产生的。

根据传统说法, 由无机物形成的微小颗粒一般是不具备危害性的, 但暴露于大量无害微小颗粒也能湮灭机体过滤有害物质进入肺部的系统, 进而影响呼吸功能。新的研究结果显示, 如果微小颗粒使肺泡发炎, 释放出有害的细胞因子, 使血液变得粘稠, 会危及心血管疾病患者。据波普说, 这一反应会造成某些人, 包括老年人、儿童、心脏病、流感及哮喘病患者心脏病发作导致死亡。但他又提醒人们, 一般情况下, 还不足以产生如此严重的后果, 这要取决于暴露水平及暴露时间。

纽约大学环境医学研究所人体暴

经过5-7天的紫外线照射,这种传播是不可能的。

格里芬说:“我们发现有幸存活下来的病原体可影响老年人及儿童不完善的免疫系统,大多数病原体[可造成]皮肤感染,包括皮疹、口疮或皮下硬结。他们还发现了能感染棉花、桃树、水稻等作物的病原体。格里芬还在继续寻找柑橘枝枯病病原体。这是发生在世界上许多地区的一种地方性果树病,在亚洲和非洲都有,这一果树病在佛罗里达州偶尔爆发,毁坏柑橘作物,给生态及经济造成了极大破坏。

格里芬认为微生物之所以能够存活下来,是因为在厚厚的尘云遮盖之下,底部的紫外线暴露水平可能只有上部的一半。因此,底层的微生物在屏蔽之下就有足够的机会存活。另外,非洲浮尘颗粒中由树叶等有机物形成的空穴在细菌着陆之前也可以给其提供安全的屏障。

纳污藏垢

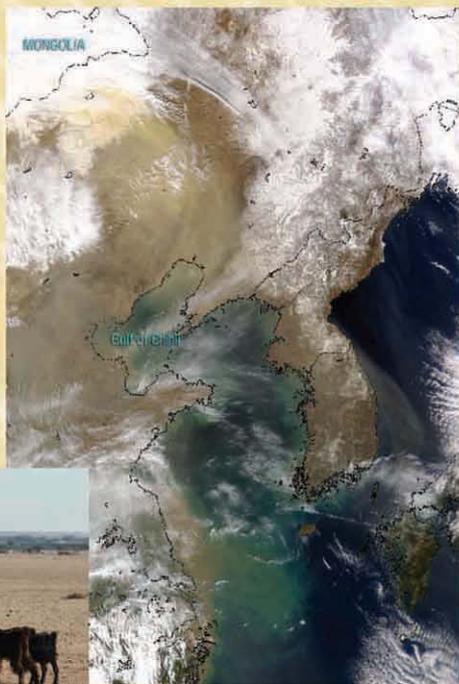
与非洲相比,亚洲的浮尘云团所含由人类活动产生的污染物更多,如硫酸盐。由于这一原因,亚洲的空气气溶胶也会造成更多的问题。中国总体上正在经历一次大气浮尘危机。源自中国的蒙古地区的沙尘暴是由于该地区因鼓励粮食生产的政策引起的过度放牧所造成的土壤严重侵蚀而引起的。当狂风把沙尘从这些受侵蚀的土地上刮起,浮尘云团经过北京等大城市时,又携带了大量的工业污染物。最后形成的沙尘暴可造成机场能见度不够而关闭,甚至更坏的后果。

根据霍姆斯的说法,每14个人中就有1人死于吸入有害的大气气溶胶。而由于吸入不洁净空气引起的肺炎是造成中国儿童死亡的第一原因。霍姆斯估计,中国每年有100万人死于大气浮尘的危害。她说:“年复一年,总数相当于整个缅甸因战争的人口就这样死于浮尘中毒。”

空气气溶胶带走了土壤养分,遮蔽了农作物所需的紫外光线,导致了农作物产量的降低,间接影响人类的食物供应。1998年,美国驻北京大使馆一份题为《中华人民共和国的沙漠化问题:内蒙古草原的战争与宁夏人口的激增》的报告中指出,中国的贫困图谱与沙漠化、环境破坏、及社会变化图谱有很大

的重叠。

以前发生过的球孢子菌病或者叫“圣华金山谷热”,是一种发生在美国西南地区和墨西哥部分地区的类似于流感的地方性疾病,证明细菌可通过浮尘进行传播。在美国西南地区,七月份至九月份是沙尘暴多发季节。疾病控制与预防中心已注意到球孢子菌病在亚利桑那州、加利福尼亚州及新墨西哥州的发病率正逐步增多。在亚力桑那州,1980年至1995年间,疾病控制与预防中心记录到的年病例从200增长到600例以上。该中心将这



沙尘暴源头:

2001年3月5日的一场沙尘暴席卷了中国的东北地区(上)。肉眼可见浮尘浓度最高的地区在奇伊利海湾与蒙古边界之间。由于过度放牧和过度种植造成的沙漠化已为沙尘暴在中国大部分农村地区的形成创造了条件(左)。

一增长与两类主要易感人口的增长联系在一起:即老年人与感染爱滋病患者。该州这两类人口的数量1990-1995年期间增长了79%。

朝鲜出血热病毒(hantavirus)是另一种由浮尘携带的病毒。尽管这种病毒于1993年才在美国西南部被首次发现,但随后在世界各地都有发现。根据联合国粮农组织的说法,这种病毒似乎与土壤侵蚀和森林退化有关。美国林业局国际林业分析家朱莉-莱克(Julie Lyke)说,森林退化给许多疾病如莱姆病及朝鲜出血热病毒创造了栖生地,因为壁虱、蚊子、啮齿动物等疾病载体适于在因开垦而退化的地理环境中生长。(这种地理环境也会产生沙尘暴)。人类主要是通过吸入空气中的老鼠粪便患上朝鲜出血热病毒:当空气足够干燥,且风力足够的情况下,病毒就可以悬浮在空气中,使人吸入并感染。尽管该病可以治愈,但由于该病毒会造成患者肺部迅速积水,往往还未等到患者就医,就已夺去了他的生命。

更常见的情况是,从本地所形成的

沙尘暴所造成的危害并不在于其携带的病菌,而是沙尘暴所卷起的浮尘物质,如建筑工地和工业地区的混凝土灰尘。德克萨斯州环境管理官员尼尔-卡曼(Neil Caman)在Sierra俱乐部德克萨斯州分部新闻发布会上称,由于其颗粒小且具有毒性,混凝土灰尘会损伤肺部组织。位于坦佩市的亚利桑那州立大学的环境地质学家威尔-斯蒂芬诺夫(Will Stefanov)已采用遥感技术来确定城市和乡村环境中的大气浮尘的源头及目的地,以及它们的流动方式。在城市,建筑工地及其它遭毁坏的建筑物是最主要的灰尘源头。后者的一个例子就是世界贸易中心大楼遭恐怖袭击后扬起的大量灰尘。研究人员还在继续检测世贸大厦周围空气的颗粒物质的浓度。斯蒂芬诺夫下一阶段的研究工作将对大气中的浮尘进行物理、化学、及生物分析。



深远的影响：
佛罗里达州近海的一场红潮造成大量鱼类及其他生物的死亡。红潮很可能是由于海水中嗜铁细菌束毛藻(右)与相距半个地球之远的南非含铁浮尘共同作用的结果。

红潮泛滥

美国地质测绘局的生物学家们已经开始研究了沙尘暴对生态系统的可能影响。吉恩·希恩(Gene Shinn)是美国地质测绘局沿海地质学中心的一位高级地质学家。普罗斯珀罗的非洲沙尘暴行为图中有一幅引起了他的兴趣。这幅图中的沙尘暴模式他在美国沿海拍摄珊瑚礁时见过。在2001年出版的《全球变化与人类健康》(Global Change & Human Health)第二卷第一期上发表的研究报告中,希恩等人指出非洲萨赫勒地区二十世纪七十年代以来所遭受的干旱、北大西洋天气规律的变化、灰尘沉积、及有毒藻类过量繁殖之间存在某种联系。

迄今为止,最明显的就是非洲沙尘暴造成的铁沉积与藻类过量繁殖之间的关联。2001年9月份的《湖沼学与海洋学》(Limnology and Oceanography)刊登了由南佛罗里达州大学海洋科学学院研究生贾森·莱内斯(Jason Lenex)参与撰写的一份关于束毛藻(Trichodesmium)的研究报告。束毛藻是一种可以生产自身所需氮元素的细

菌,是过去二十年来灾难性红潮的元凶。

莱内斯等人指出,束毛藻利用雨水的铁或沉降颗粒中的铁解决了铁缺乏-铁缺乏是其生长的一个制约因素。莱内斯发现,束毛藻菌落已经形成了一种“进化来的技巧”,它们会将浮尘颗粒紧紧包住,以尽量增加细胞与铁接触,并释放出更多的铁来满足其生长的需要。1999年,也就是进行本次研究那一年,由束毛藻引发的有毒红潮造成了佛罗里达州沿海大量鱼类及100多头被列为濒危动物的海牛死亡。尽管公众健康部门的警告牌叫人们远离危险水域,但即使走在大型红潮附近的海滩上也会使人受到从红潮表层蒸发出的毒素的影响。莱内斯说,“如果有人受到红潮的影响,我一点也不会感到奇怪,如咳嗽或打喷嚏,只不过没有统计罢了。”

另一个红潮严重的年份是2001年。据莱内斯说,在2001年秋天形成的一次大型红潮,在佛罗里达州彭萨科拉与圣彼得斯堡之间400公里的海域漂移了几个月。莱内斯再次发现了非洲沙尘暴与束毛藻之间的相关性-束毛藻在非洲夏季沙尘暴期间开始增长。他



说:“很快,红潮就开始蔓延。”除对海洋生物造成危害之外,红潮还危及佛罗里达州的渔业和旅游业。据有关的调查估计,每年造成的损失达2千5百万美元。

研究人员发现浮尘云团还从更广泛的角度给海洋生命的蒙上了阴影。照射到海洋的阳光大约有80%用于蒸发水分,给地球提供淡水供应。位于圣迭戈市的加利福尼亚大学大气物理学家拉曼内森(V. Ramanathan)指出,如果这部分阳光减弱,那么地球的水分循环就会放慢。在一篇发表在2001年12月7日《科学》上的一项由多国机构完成的研究空气气溶胶在印度洋上空运动的研究结果中,文章第一作者拉曼内森说,“这将影响这个星球的水资源”。本文作者们还发现了与非洲和亚洲浮尘云团造成的问题相类似的情况:空气气溶胶向海洋的移动(如经过印度孟买上空的浮尘云团)将对整个地球造成深远的影响,而以往人们认为这种空气气溶胶只会影响本地。

刨根问底

另一项多国研究,亚太区空气气溶胶特性实验(ACE-Asia)在美国国家海洋与大气管理局及国家科学基金会的支持下对东亚的空气气溶胶移动进行了研究。2001年春天,亚太区空气气溶胶特性实验集中研究了空气气溶胶对气候的影响,初步结果表明,沙尘暴可能确实会影响全球气候模式。但是,由于浮生云团既吸收热量,又会反射照射到地面的阳光,目前尚不清楚其总体效果是使地球变暖还是变冷。亚太区空气气溶胶特性实验计划今年春天继续对浮生云团进行研究。

位于科罗拉多州的美国国家海洋与大气管理局气候检测与分析实验室博尔德观测站主任拉斯-施内尔(Russ Schnell)说,国家海洋与大气管理局观测亚洲浮生云团已有一段时间。该机构位于夏威夷的冒纳罗亚大型观测站二十多年来每年春天都跟踪亚洲沙尘暴的到达情况。“直到最近,国家海洋与大气管理局以外的人才开始注意这些浮生。”施内尔说。我们通过电子邮件方式与正在前往南极洲的施内尔取得了联系,他发表了上述意见。有时候,沙尘暴3天以内就可以到达夏威夷观测站,但一般情况下需要5-7天。

最近几年,美国国家海洋与大气管理局扩展了对亚洲沙尘暴的跟踪工作。在加利福尼亚海岸的特拉尼达角设

立的一个新监测站监测其在美国大陆的出现。该监测站将于2002年春天研究沙尘暴的流动情况及其携带的污染物。这项研究是美国国家海洋与大气管理局进行的名为浮生洲际移动及化学转化研究项目的一部分。根据施内尔提供的信息,本次研究将使用飞机,并沿西海岸增设地面测量站,研究来自亚洲的气流及空气气溶胶对东太平洋空气的化学影响。

这种利用飞机进入沙尘暴中心的研究方法可能会成为一种趋势。格里芬说,“我希望明年能出去,能跑在中国沙尘暴的前面(来研究它)。”他打算在飞机上装备取样设备,在同一沙尘暴的三个位置进行测试:生成点(在日本和韩国上空),中途(在阿留申群岛上空)以及终点(太平洋西北海岸)。在浮生云团内,格里芬计划用大型真空泵在各地点采集20,000升空气样本。格里芬说:“我们所面临的挑战就是如何判断浮生云团的移动方向并跟上它。”

福兮祸兮

浮尘研究人员提醒人们不要以为浮生云团是只会使农民失去土地,使儿童咳嗽的恶魔。实际上,浮生云团也有好的一面,它给亚马逊盆地及其它地区的雨林带来重要的养分。格里芬指出一些研究的结果表明,如果没亚洲的浮生中带来的养分,那么,夏威夷群岛上的雨林在那片贫瘠的土地上就无法生

存。

浮尘的推崇者们发起了一项运动,目的是使使全球土壤“恢复矿物化”,以恢复农业的活力。土地恢复矿物化网站<http://Remineralize-the-earth.org/>公布了一些岩石粉末在恢复土地肥力方面的效果要优于氮-磷-钾肥的研究报告(氮-磷-钾肥还很容易渗透到地下水中,并造成含氮径流,引起有害藻类的过度繁殖)。据主管网站论坛的乔安娜-坎培(Joanna Campe)说,恢复土地矿物化的运动起源于德国,在欧洲很流行。在德国、瑞士、和奥地利就有出售矿石粉尘的大公司。石粉业对于这一运动寄予了极大的热忱。

莱内斯说,即使是有害藻类的过度繁殖,对海洋生态系统也有尚不为人知的利益。他用森林火灾打了个比方。过去,林业科学家们认为森林火灾是森林的灾难。但数十年的防火政策却造成了自然规律的反作用,迫使人们对森林火灾重新进行认识。现在,人们认识到,森林火灾在森林再生中起着重要作用。莱内斯说:“红潮也可能具备同样的功效。”基于这一原因,有害藻类的过度繁殖的生态学及海洋学研究项目(莱内斯在佛罗里达州大学的项目)就是为了对海洋生态系统、其物种变化、温度及化学组成进行综合分析。莱内斯期望在2-3年内能建成一个完整的模型。

由于洲际沙尘暴的具体机制及效果仍处于研究阶段,此时作出任何反应尚为时过早。此前人们也提出过各种各样的建议,包括更好地管理中国境内的侵蚀土地的使用以及向易受影响的人群提供更准确、更有针对性的沙尘暴预报。金诺斯承认要建立一个健康影响模型还有许多工作尚待进行。他说,这显然需要各方面的协作。他邀请了微生物学家及其他学科的专家来协助选择参数,如紫外线暴露阈值,以便对那些对人类健康有影响的微生物建立研究模型。有了这些参数后,GOCART模型就可预测这些影响特定人群微生物的浓度。金诺斯说:“手段已经有了,只是需要进一步完善。”

随着对这些空气气溶胶的进一步筛选、确定、和研究,对灰尘的科学理解必将进一步深入。人们对灰尘影响人类健康、气候、及生态系统的途径的理解也将不断进化。这种认知水平的进化过程是符合达尔文的进化论观点的。

-David A. Taylor

译自 *Environmental Health Perspectives*
110: A80-A87 (2002)



云团观测站:
夏威夷的冒纳罗亚观测站的科学家们二十多年来一直在监测亚洲沙尘暴的登陆。